



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 59 134 A1 2004.07.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 59 134.2

(22) Anmeldetag: 18.12.2002

(43) Offenlegungstag: 15.07.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: F01L 1/344

(71) Anmelder:

AFT Atlas Fahrzeugtechnik GmbH, 58791 Werdohl,  
DE

(72) Erfinder:

Neubauer, Dirk, Dipl.-Ing., 58769  
Nachrodt-Wiblingwerde, DE; Axmacher, Detlef,  
58636 Iserlohn, DE; Wilke, Markus, Dr.-Ing., 45134  
Essen, DE; Gasparro, Massimiliano, 58553 Halver,  
DE; Pachan, Frank, 44319 Dortmund, DE;  
Pfütenreuter, Lars, Dipl.-Ing., 58791 Werdohl, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu  
ziehende Druckschriften:

DE 43 07 010 C2

DE 199 42 738 A1

DE 195 31 747 A1

DE 43 07 010 A1

DE 41 22 391 A1

JP 08-0 74 530 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

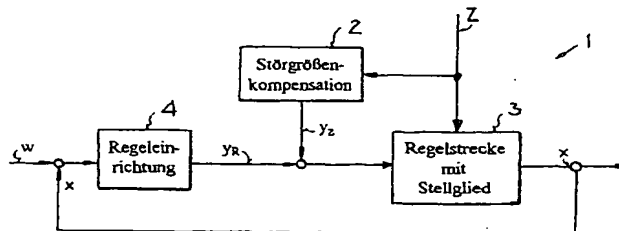
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Verstellen der Phasenlage zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle**

(57) Zusammenfassung: Schnelle und genaue elektronische Regelung für mechanische Verstellvorrichtungen zum Verstellen der Phasenlage zwischen einer Nockenwelle und einer Kurbelwelle sind bisher noch nicht bekannt.

Die neue Verstellvorrichtung ist Bestandteil eines elektronischen Regelkreises, der die gewünschte Phasenlage direkt oder über eine andere Größe indirekt automatisch einstellt, wobei der Regelkreis zwischen der Regeleinrichtung und der Regelstrecke mindestens eine Regelschleife beinhaltet, wodurch ein schnelleres und genaues Einregeln erzielt wird.

Solche Anordnungen werden zum schnellen und exakten Einstellen der Phasenlage der Nockenwelle zur Kurbelwelle in Brennkraftmaschinen benötigt.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Verstellen der Phasenlage zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Bei Brennkraftmaschinen treibt die Kurbelwelle über einen Primärtrieb, der beispielsweise als Zahnriemen ausgebildet ist, eine oder mehrere Nockenwellen an. Dazu ist an jeder Nockenwelle ein Nockenwellenrad befestigt, über welches der Primärtrieb die Nockenwelle antreibt. Dabei erfolgt zu jedem Zeitpunkt eine Übersetzung des Drehwinkels der Kurbelwelle, wobei  $720^\circ$  Kurbelwellendrehwinkel  $\varphi_K$  in  $360^\circ$  Nockenwellendrehwinkel  $\varphi_N$  umgesetzt werden. Das Verhältnis der beiden Drehwinkel ist durch diese Kopplung konstant. In den meisten Anwendungen ergibt diese feste Kopplung zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle ein Verhältnis von:

$$\frac{\varphi_N(t)}{\varphi_K(t)} = \frac{1}{2}$$

[0003] Jedoch lassen sich die Betriebseigenschaften einer Brennkraftmaschine optimieren, insbesondere hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs, der Abgasemission und der Laufkultur, wenn das über den Primärtrieb gekoppelte System zwischen der Nockenwelle und der Kurbelwelle verändert werden kann.

## Stand der Technik

[0004] In der DE 100 38 354 A1 wird eine Anordnung zum Verstellen der Drehwinkelrelation zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle mittels Taumelscheibengetriebe offenbart. Hier wirkt ein zusätzlicher Antrieb über ein Taumelscheibengetriebe, das zwischen dem Nockenwellenrad und der Nockenwelle angeordnet ist, zusätzlich auf die Nockenwelle ein. Dies bewirkt, dass die Nockenwelle gegenüber der Kurbelwelle verstellt werden kann.

## Aufgabenstellung

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, eine einfache und kostengünstige Verstellvorrichtung aufzuzeigen mit der die Phasenlage zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle eingestellt werden kann.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale im Patentanspruch 1 gelöst. Hierbei ist die Verstellvorrichtung Bestandteil eines elektronischen Regelkreises, der die gewünschte Phasenlage direkt oder über eine andere Größe indirekt automatisch einstellt, wobei der Regelkreis aus Regeleinrichtung und Regelstrecke eine auf diese Anwendung ausgelegte Struktur aufweist.

[0007] Die Vorteil der Erfindung besteht darin, dass eine solche Verstellvorrichtung mit einem solchen

elektronischen Regelkreis sehr schnell und exakt in der Regelstrecke den gewünschten Wert einstellt.

[0008] Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen. Hierbei kann z.B. durch eine Störgrößenkompensation, oder durch eine kaskadierte Lageregelung oder durch eine Zustandsregelung der Sollwert noch schneller und genauer mit der Verstellvorrichtung eingestellt werden.

## Ausführungsbeispiel

[0009] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von drei Ausführungsbeispielen und Figuren näher erläutert werden. Es zeigen:

[0010] **Fig. 1:** Verstellvorrichtung mit Störgrößenkompensation.

[0011] **Fig. 2:** Verstellvorrichtung mit kaskadierter Lageregelung

[0012] **Fig. 3:** Verstellvorrichtung mit optimierter Zustandsregelung.

[0013] **Fig. 1** zeigt eine Verstellvorrichtung, die eine Lageregelung 1 mit Störgrößenkompensation 2 aufweist. Bei elektromotorisch angetriebenen, mechanischen Phasenverstellvorrichtungen nach dem Stand der Technik wie z.B. aus der DE 100 38 354 A1 entspricht bei unveränderter Phasenlage die Relativedrehzahl des Elektromotors der Drehzahl des Ketten-/ oder Riemenrades, das die Kurbelwelle mit der Nockenwelle koppelt. Während der Phasenverstellung ist die Relativedrehzahl des Elektromotors je nach Verstellrichtung größer oder kleiner als die des Kettenrades.

[0014] In diesem Ausführungsbeispiel wird die Auswirkung der Störgröße der Kurbelwellendrehzahl  $z$  nicht erst als Auswirkung auf die Regelgröße erfasst, sondern bereits zur Vorsteuerung des Stellgliedes 3 genutzt. Beispielsweise kann aus der Kurbelwellendrehzahl die Drehzahl des Ketten-/ oder Riemenrades ermittelt werden. Diese Drehzahl  $z$  kann in Relation zu einer entsprechende Selbstinduktionsspannung  $y_R$  im Elektromotor gesetzt werden.

[0015] In der Abbildung wird der Sollwert  $w$  – im Ausführungsbeispiel die gewünschte Phasenlage – in den Regler 4 eingegeben. Dieser Sollwert  $w$  beeinflusst den Elektromotor des Stellgliedes in der Regelstrecke 3, z.B. ein Taumelscheibengetriebe. Dies bewirkt, dass sich die Drehzahl des Ketten-/ oder Riemenrades verändert, wodurch die Phasenlage verändert wird. Der Istwert  $x$  der Phasenlage und/oder der Drehzahl des Ketten-/ oder Riemenrades wird zurückgeführt. Dieser zurückgeführte Istwert bestimmt einen neuen Sollwert für den Regler. Dieser neue Sollwert wird dann in den Regler eingespeist. Die Störgrößenkompensation 2 wird dadurch gebildet, dass zusätzlich aus der Kurbelwellendrehzahl  $z$  die Selbstinduktionsspannung  $y_z$  als weitere Stellgröße für den Elektromotor des Stellgliedes ermittelt wird, welcher auch die Drehzahl des Elektromotors bestimmt.

[0016] **Fig. 2** zeigt eine Verstellvorrichtung mit kas-

kadrierter Lageregelung. Um die Einregelzeiten zu verbessern und eine höhere Dynamik im Regelkreis zu erzielen werden hier mehrere Regelkreise parallel verschachtelt zueinander angeordnet. Störungen werden dabei in den unterlagerten Regelkreisen ausgeglichen bevor sie auf sich auf die überlagerten Regelkreise auswirken können. Im vorliegenden Anwendungsfall wird der Lageregelung, die eine Positionsrückführung aufweist eine Drehzahlregelung des Elektromotors unterlagert, die eine Winkelgeschwindigkeitsrückführung aufweist. Die Drehzahl bzw. die Winkelgeschwindigkeit des Elektromotors kann hierbei als Messgröße erfasst werden oder indirekt über die Triggerinformation von Nockenwelle und Kurbelwelle berechnet werden. Ferner ist dieser Drehzahlregelung eine Regelung des Ankerstroms unterlagert, bei der ein zusätzlicher Kompensationsregler die Dynamik weiter verbessern kann. Diese Regelung des Ankerstroms bzw. die Messung des Ankerstroms kann auch über eine Messung des Drehmoments vom Elektromotor erfolgen, der die Verstellvorrichtung antreibt. In diesem Ausführungsbeispiel wird ein Soll-Verdrehwinkel  $\varphi_s$  vorgegeben, der die Position bzw. Phasenlage zwischen Nocken und Kurbelwelle beschreibt. Abhängig von diesem Winkel  $\varphi_s$  wird die Drehzahl bzw. die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_s$  für den Elektromotor vorgegeben. Die Winkelgeschwindigkeit wiederum wird bestimmt durch das Drehmoment des Elektromotors. Dieses Drehmoment  $M_L$  bzw. der entsprechende Strom wird gemessen und zurückgeführt und dort mit dem entsprechenden Sollwert  $M_s$  verglichen. Stimmen die Werte nicht überein wird entsprechend nachgeregelt. Gleichzeitig wird auch der übergeordnete Istwert  $\omega$  der Winkelgeschwindigkeit erfasst und dann zum Vergleich mit seinem Sollwert  $\omega_s$  zurückgeführt. Bei Diskrepanz wird auch hier entsprechend nachgeregelt. Letztendlich wird dann auch die aktuelle Phasenlage  $\varphi$  ermittelt, zurückgeführt und an den Sollwert  $\varphi_s$  angepasst.

[0017] **Fig. 3** zeigt eine Verstellvorrichtung mit einer Zustandsregelung. Mittels der Zustandsregelung wird die Dynamik des Regelsystems weitgehend festgelegt, da die die Dynamik bestimmenden Zustände direkt in die Regelung eingehen. Ist der zu bestimmende Zustand nicht direkt messbar kann er mittels eines Zustandsbeobachters bzw. einer Zustandsgleichung berechnet werden.

[0018] Hierbei wird ein zeitabhängiger Eingangswert  $w(t)$  in einem Vorfilter 5 eingespeist. Der Vorfilter generiert daraus einen Ausgangswert  $u_w(t)$ , der zusammen mit einem Wert  $u_i(t)$ , der von einem Zustandsregler 6 erzeugt wird, einen Eingangswert  $u(t)$  für die Zustandsdifferentialgleichung 7 bildet. Ferner wird der Zustandsdifferentialgleichung 7 der Zustandswert  $x(t_0)$  zum Zeitpunkt  $t_0$  zugeführt. Aus diesen Werten berechnet die Zustandsdifferentialgleichung 7 den Zustand  $x(t)$ . Dieser Zustand kann direkt oder indirekt über eine Messeinrichtung 8 gemessen werden, wobei mit diesem Messwert der Zustands-

regler 6 beeinflusst werden kann, der wiederum den Eingangswert  $u(t)$  für die Zustandsdifferentialgleichung 7 beeinflusst. Zusätzlich kann der Zustandswert  $x(t)$  zur weiteren Verarbeitung einer Ausgangsgleichung 9 zugeführt werden, die dann einen Ausgangswert  $y(t)$  für die Regelstrecke 10 erzeugt. Bei dem dargestellten Regelkreis wird die Regelstrecke 10 von der Zustandsdifferentialgleichung 7 und der Ausgangsgleichung 9 gebildet, welche die Regelgröße erzeugen. Die Regeleinrichtung 11, welche die Regelgröße regelt wird im wesentlichen von der Messeinrichtung 8 und dem Zustandsregler 6 gebildet. Im Anwendungsbeispiel beinhaltet die Regeleinrichtung 11 auch den Vorfilter 5.

[0019] All diese Ausführungsbeispiele lassen sich auf in beliebiger Weise miteinander kombinieren.

### Patentansprüche

1. Elektronisch angetriebene mechanische Verstellvorrichtung zum Verstellen der Phasenlage ( $\varphi$ ) zwischen einer Nockenwelle und einer Kurbelwelle, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Versteller Bestandteil eines elektronischen Regelkreises ist, der die gewünschte Phasenlage ( $\varphi$ ) zwischen Nocken- und Kurbelwelle automatisch einstellt und der Regelkreis mindestens eine Schleife beinhaltet bei der ein Ausgangswert an den Eingang zurückgeführt wird.

2. Verstellvorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der elektronische Regelkreis eine Störgrößenkompensation (2) beinhaltet.

3. Verstellvorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der elektronische Regelkreis mehrere parallel kaskadiert angeordnete Regelschleifen beinhaltet, wobei mindestens eine Regelschleife von einer anderen überlagert wird.

4. Verstellvorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelkreis in dem die Verstellvorrichtung angeordnet ist eine Zustandsregelung (10, 11) beinhaltet.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

